

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

Japanese Patent Application Preliminary Publication No. Hei 11-218679

Publication Date: August 10, 1999  
Title of Invention: Differential Interference Microscope  
Application No.: Hei 10-36663  
Application Date: February 2, 1998  
Applicant: Nikon Corporation  
Inventor: OHTAKI, Kumiko

--- translation of the portion marked A on page 4 (paragraphs  
[0014]-[0016]) ---

[0014] In the differential interference microscope according to this embodiment, the prism B1 is constructed to be able to turn around a revolving axis that intersects the wedge plane at right angles. The tilt angle  $\theta$  formed by the normal  $n$  to the entrance surface M of the prism B1 with the optical axis  $a$  is set so that the intersection of the ray separation plane Q of the prism B1 in use and the optical axis  $a$  coincides with the rear side focal point F of the objective lens 3 by turning of the prism B1. As a result, even in a case where a prism B1 having a different position of the ray separation plane Q is used, the intersection of the ray separation plane Q of the prism B1 and the optical axis  $a$  can always coincide with the rear side focal point F of the objective lens 3. Therefore, in any combination of an objective lens 3 and a prism B1, two rays separated by and emergent from the prism B1 can be converted into parallel rays by light collecting function of the objective lens 3, to illuminate the sample 4, and reflected light from the sample 4 can be properly recombined inside the prism B1. As a result, a differential interference image with high contrast can be obtained.

[0015] Next, descriptions will be made of movement of the ray separation

plane Q according to variation of the tilt angle  $\theta$  of the prism B1. In reference to Fig. 4, the ray separation angle  $\alpha$  caused by a birefringence optical member such as a Nomarski prism and a Wollaston prism is uniquely determined by the wedge angle  $\beta$  of the wedge-shaped prism components Ba, Bb of the prism B1 and the tilt angle  $\gamma$  of the optic axis of the wedge-shaped prism component Bb. The ray separation angle  $\alpha$  scarcely changes even if the ray incident angle  $\theta$  at the prism B1 varies. However, since the route via which each of the two rays Le, Lo travels inside the prism B1 changes in accordance with variation of the ray incident angle  $\theta$ , the separation distance D between the two rays at the exit surface R varies in accordance with the ray incident angle  $\theta$ . Since the separation distance D monotonously increases or decreases in accordance with variation of the ray incident angle  $\theta$ , values of the ray incident angle  $\theta$  and values of the separation distance D form one-to-one correspondence in correlative variation. Also, since the distance H of the ray separation plane, which is defined from the exit surface R to the ray separation plane Q, is given by:

$$H = \frac{D}{\tan \alpha}$$

, one can arbitrarily change the distance H of the ray separation plane by changing the ray incident angle  $\theta$ , or the tilt angle  $\theta$  formed by the normal  $n$  to the entrance surface M of the prism B1 with the optical axis  $a$ . Also, since the separation distance D can be made to vary either in the positive direction or in the negative direction by appropriate setting of the tilt angle  $\theta$ , the distance H of the ray separation plane can be set to be either positive or negative. As a result, the ray separation

plane Q can be arranged either on the entrance side or the exit side of the prism B1.

[0016] The routes of the rays inside the prism B1 are uniquely determined in reference to the tilt angle  $\theta$ , and are calculable by ray tracing in the prism B1. Therefore, a distance H of the ray separation plane can be uniquely obtained in reference to any tilt angle  $\theta$ , and, inversely, a tilt angle  $\theta$  that causes a predetermined distance H of the ray separation plane can be calculated.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-218679

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月10日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 21/00

識別記号

F I

G 0 2 B 21/00

審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-36663

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月2日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 大瀧 久美子

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

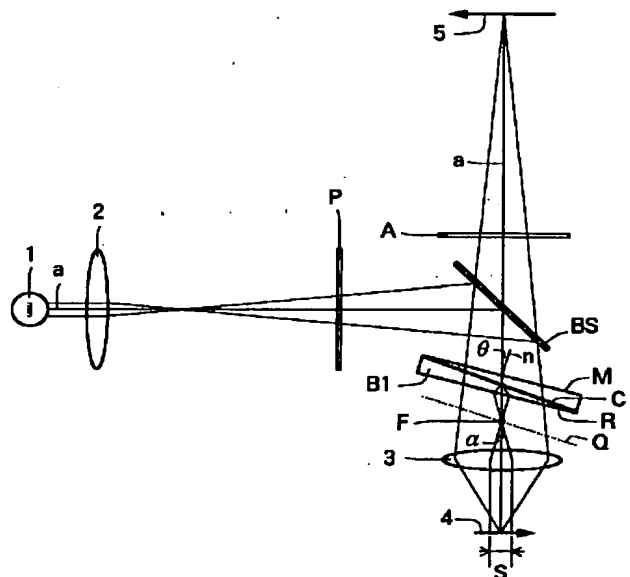
(74) 代理人 弁理士 猪熊 克彦

(54) 【発明の名称】 微分干渉顕微鏡

(57) 【要約】

【課題】 焦点距離が異なるあらゆる対物レンズを用いた場合においても、高コントラストで良好な微分干渉像を得ることができると同時に、装置コストの低減を図ることが可能な微分干渉顕微鏡を提供する。

【解決手段】 反射型又は透過型微分干渉顕微鏡において、結像側複屈折光学部材 (B 1) は、結像側複屈折光学部材 (B 1) の入射面 (M) の法線と、両プリズムの接合面 (C) の法線とを含む楔平面に直交する回転軸を中心として回転自在に構成されたことを特徴とする。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】所定の振動方向を持つ偏光光をビームスプリッターに入射させ、該ビームスプリッターで反射し又は透過した光束を少なくとも2つの楔形プリズムを接合してなる複屈折光学部材に入射させて振動方向が互いに直交する2つの直線偏光成分に分離し、分離された該両偏光成分を対物レンズを介して被検物へ導き、該被検物の表面で反射した前記両偏光成分を前記対物レンズを経由させて前記複屈折光学部材へ導いて1つの光束に合成し、合成された光束を前記ビームスプリッターに入射させ、該ビームスプリッターを透過し又は反射した光束を検光子に入射させて前記両偏光成分を偏光干渉させ、干渉した光束により前記被検物の前記対物レンズによる像を結像する微分干渉顕微鏡において、

前記複屈折光学部材は、該複屈折光学部材の入射面の法線と、前記両プリズムの接合面の法線とを含む楔平面に直交する回転軸を中心として回転自在に構成されることを特徴とする微分干渉顕微鏡。

【請求項2】前記複屈折光学部材は、前記複屈折光学部材の光線分離面と、前記楔平面とが交わる交線方向に平行移動可能に構成された請求項1記載の微分干渉顕微鏡。

【請求項3】前記偏光子と前記ビームスプリッターとの間に1/4波長板を配置し、前記偏光子を回転自在に配置し、

又は、前記ビームスプリッターと前記検光子との間に1/4波長板を配置し、前記検光子を回転自在に配置した請求項1記載の微分干渉顕微鏡。

【請求項4】前記対物レンズは複数の対物レンズから選択して配置された請求項1～3のいずれか1項記載の微分干渉顕微鏡。

【請求項5】光源からの光束を偏光子に入射させて偏光光に変換し、該偏光光を少なくとも2つの楔形プリズムを接合してなる照明側複屈折光学部材に入射させて振動方向が互いに直交する2つの直線偏光成分に分離し、分離された該両偏光成分をコンデンサレンズを介して被検物へ導き、該被検物を透過した前記両偏光成分を前記対物レンズを経由させて少なくとも2つの楔形プリズムを接合してなる結像側複屈折光学部材へ導いて1つの光束に合成し、合成された光束を検光子に入射させて前記両偏光成分を偏光干渉させ、干渉した光束により前記被検物の前記対物レンズによる像を結像する微分干渉顕微鏡において、

前記結像側複屈折光学部材は、該結像側複屈折光学部材の入射面の法線と、前記両プリズムの接合面の法線とを含む楔平面に直交する回転軸を中心として回転自在に構成されたことを特徴とする微分干渉顕微鏡。

【請求項6】前記結像側複屈折光学部材は、前記結像側複屈折光学部材の光線分離面と、前記楔平面とが交わる交線方向に平行移動可能に構成された請求項5記載の微

分干渉顕微鏡。

【請求項7】前記偏光子と前記照明側複屈折光学部材との間に1/4波長板を配置し、前記偏光子を回転自在に配置し、

又は、前記結像側複屈折光学部材と前記検光子との間に1/4波長板を配置し、前記検光子を回転自在に配置した請求項6記載の微分干渉顕微鏡。

【請求項8】前記対物レンズは複数の対物レンズから選択して配置された請求項5～7のいずれか1項記載の微分干渉顕微鏡。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、金属面の微小な凹凸や、生物細胞中の位相物体などを観察するために用いられる微分干渉顕微鏡に関する。

**【0002】**

【従来の技術】従来から用いられている微分干渉顕微鏡として反射照明型微分干渉顕微鏡の概略断面図を図7に示す。図7において、光源11からの照明光はコレクタレンズ12によって集光された後、偏光子Pによって直線偏光に変換されてビームスプリッタBSに入射する。ビームスプリッタBSで反射された照明光は、ウォラストンプリズムWに入射する。ウォラストンプリズムWでは、複屈折作用により互いに直交する振動方向を持つ2つの偏光成分に分離されて射出される。ウォラストンプリズムWを通過した後においては、上記2偏光成分は見かけ上ウォラストンプリズムWの光線分離面Qで分離されたように、僅かな分離角 $\alpha$ をもって進行する。そしてコンデンサレンズの役割を兼ねた対物レンズ13へ向かい、対物レンズ13の集光作用によって互いにわずかなシフト量Sだけ離れた平行光線に変換され、試料14を照明する。

【0003】試料14上の僅かに離れた位置で反射された2光線は、対物レンズ13の集光作用によりウォラストンプリズムWの光線分離面Q上に集光される。2光線はウォラストンプリズムWの複屈折作用により1つの光束に合成され、同一光路上を逆行してビームスプリッタBSに入射する。ビームスプリッタBSを透過した後、検光子Aにより互いに直交する直線偏光中の同一方向の振動成分だけが取り出されて干渉する。そして試料14上のわずかに異なる位置で反射する際に付与された2光線間の位相差に応じた干渉縞が像面上で拡大像15として観察される。

【0004】かかる構成の微分干渉顕微鏡において、像の劣化が少なく高コントラストな微分干渉像を得るためには、ウォラストンプリズムやノマルスキープリズム等の複屈折光学部材の光線分離面Qと光軸aとの交点が対物レンズ13の後側焦点Fと一致するように構成することが必要である。この条件を満たさない場合には、微分干渉像におけるコントラストの低下等によって像の劣化

を招くこととなる。特に光線分離面Qが対物レンズ13の後側焦点Fと著しく離れた位置で光軸aと交わるように形成される場合には、微分干渉像が得られないこともある。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、一般に対物レンズ13の後側焦点Fの位置は対物レンズ13の種類によってそれぞれ異なっている。そのため、光線分離面Qを常に対物レンズ13の後側焦点Fと交わるように形成するためには、各々焦点距離の異なる対物レンズ13に対応させて、光線分離面Q位置の異なる複数の複屈折光学部材を用意する必要がある。通常、顕微鏡では倍率の異なる数種類の対物レンズ13を切り替えながら試料観察を行うことが多いので、倍率の異なる対物レンズ13毎に複屈折光学部材も切り替えることが必要となる。そのため、装置コストが高価なものとなるという不都合があった。

【0006】これに対しては、1つの複屈折光学部材を異なる複数の対物レンズ13に共通して使用し、対物レンズ13を切り替える度毎に複屈折光学部材の設置位置を光軸aに沿って移動させることも可能である。しかしながらその場合にも、装置の構成上複屈折光学部材の設置位置が制限されることが多いため、使用する全ての対物レンズ13について必ずしも後側焦点Fと、光線分離面Qと光軸aとの交点とを正しく一致させることができないという不都合があった。そこで本発明は、焦点距離が異なるあらゆる対物レンズを用いた場合においても、高コントラストで良好な微分干渉像を得ることができると同時に、装置コストの低減を図ることが可能な微分干渉顕微鏡を提供することを課題とする。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を達成するために本発明は、所定の振動方向を持つ偏光光をビームスプリッター(BS)に入射させ、ビームスプリッター(BS)で反射し又は透過した光束を少なくとも2つの楔形プリズムを接合してなる複屈折光学部材(B1)に入射させて振動方向が互いに直交する2つの直線偏光成分に分離し、分離された両偏光成分を対物レンズ(3)を介して被検物(4)へ導き、被検物(4)の表面で反射した両偏光成分を対物レンズ(3)を経由させて複屈折光学部材(B1)へ導いて1つの光束に合成し、合成された光束をビームスプリッター(BS)に入射させ、ビームスプリッター(BS)を透過し又は反射した光束を検光子(A)に入射させて両偏光成分を偏光干渉させ、干渉した光束により被検物(4)の対物レンズ(3)による像を結像する微分干渉顕微鏡において、複屈折光学部材(B1)は、複屈折光学部材(B1)の入射面(M)の法線と、両プリズムの接合面(C)の法線とを含む楔平面に直交する回転軸を中心として回転自在に構成されたことを特徴とする微分干渉顕微鏡である。

【0008】本発明はまた、光源(1)からの光束を偏光子(P)に入射させて偏光光に変換し、偏光光を少なくとも2つの楔形プリズムを接合してなる照明側複屈折光学部材(B2)に入射させて振動方向が互いに直交する2つの直線偏光成分に分離し、分離された両偏光成分をコンデンサレンズ(6)を介して被検物(4)へ導き、被検物(4)を透過した両偏光成分を対物レンズ(3)を経由させて少なくとも2つの楔形プリズムを接合してなる結像側複屈折光学部材(B1)へ導いて1つの光束に合成し、合成された光束を検光子(A)に入射させて両偏光成分を偏光干渉させ、干渉した光束により被検物(4)の対物レンズ(3)による像を結像する微分干渉顕微鏡において、結像側複屈折光学部材(B1)は、結像側複屈折光学部材(B1)の入射面(M)の法線と、両プリズムの接合面(C)の法線とを含む楔平面に直交する回転軸を中心として回転自在に構成されたことを特徴とする微分干渉顕微鏡である。

#### 【0009】

【発明の実施の形態】本発明の第1実施例に係る反射型微分干渉顕微鏡の概略断面図を図1に示す。図1において、光源1からの照明光はコレクタレンズ2によって集光された後、偏光子Pによって直線偏光に変換されてビームスプリッターBSに入射する。ビームスプリッターBSで反射された照明光は、ビームスプリッターBSと対物レンズ3との間に配置されたノマルスキプリズムからなるプリズムB1に入射する。プリズムB1は、プリズムB1の入射面Mの法線nと光軸aとのなす角度 $\theta$ をプリズムB1の楔角方向、すなわちプリズムB1の入射面Mの法線と接合面Cの法線とを含む平面(以下、「楔平面」と呼ぶ)と直交する回転軸を中心として回転させることができるように構成されている。

【0010】プリズムB1に入射した照明光は、複屈折作用により互いに直交する振動方向を持つ2つの直線偏光成分に分離して射出される。プリズムB1を通過した後においては、上記2偏光成分は見かけ上プリズムB1の光線分離面Qで分離されたように、僅かな分離角 $\alpha$ をもって進行する。そしてコンデンサレンズの役割を兼ねた対物レンズ3へ向かい、対物レンズ3の集光作用によって互いにわずかなシア量Sだけ離れた平行光線に変換され、試料4を照明する。

【0011】試料4上の僅かに離れた位置で反射された2光線は、対物レンズ3の集光作用によりプリズムB1の光線分離面Q上に集光される。2光線はプリズムB1の複屈折作用により1つの光束に合成され、同一光路上を逆行するようになる。そしてビームスプリッターBSを透過した後、検光子Aにより互いに直交する直線偏光中の同一方向の振動成分だけが取り出されて干渉し、試料4上のわずかに異なる位置で反射する際に付与された2光線間の位相差に応じた干渉縞が像面上で拡大像5として観察される。

【0012】さて、本実施例において複屈折光学部材として用いたノマルスキプリズムからなるプリズムB1は、図2に示す如く複屈折性をもつ光学材料、例えば水晶や方解石のような結晶等からなる2枚の楔形プリズムBa、Bbを貼り合わせて形成されたものである。図2において、プリズムB1に入射する光線Lの進行方向をz軸とし、楔角方向（プリズムB1の入射面Mの法線と接合面Cの法線とを含む楔平面内）でz軸に直交する方向をy軸とし、yz平面に直交する方向をx軸として、入射側楔形プリズムBaの光学軸はx軸方向に形成され、出射側楔形プリズムBbの光学軸はyz平面において射出面Rと所定角度 $\gamma$ 傾けた方向に形成されている。

【0013】プリズムB1に垂直入射する光線Lのうちxz面で振動する偏光成分Loは、入射側楔形プリズムBa内を異常光線として通過後に射出側楔形プリズムBbを常光線として進む。一方、yz面で振動する偏光成分Leは、楔形プリズムBa内を常光線として通過後に楔形プリズムBbを異常光線として進む。そして上記2光線は分離角 $\alpha$ をもってプリズムB1から射出されるが、このとき射出側からみた2光線の分離点はプリズムB1外の平面、すなわち光線分離面Q上にあるように見える。

【0014】本実施例の微分干渉顕微鏡では、プリズムB1は楔平面と直交する回転軸を中心として回転可能に構成されている。そしてプリズムB1を回転させて、使用するプリズムB1の光線分離面Qと光軸aとの交点と、対物レンズ3の後側焦点Fとが一致するように、プリズムB1の入射面Mの法線nと光軸aとのなす傾き角 $\theta$ を設定する。これにより、光線分離面Q位置の異なるプリズムB1を用いた場合においても常にプリズムB1の光線分離面Qと光軸aとの交点と、対物レンズ3の後側焦点Fとを一致させることができる。そのため、いかなる対物レンズ3とプリズムB1の組み合わせを用いる場合においても、プリズムB1から分離して射出された2光線を対物レンズ3の集光作用により平行光線に変換して試料4を照明することができると共に、試料4からの反射光を再びプリズムB1内で正しく重ね合わせることができ、その結果コントラストの高い微分干渉像を得ることができる。

【0015】つぎに、プリズムB1の傾き角 $\theta$ の変化に伴う光線分離面Qの移動について説明する。図4において、ノマルスキプリズムやウォラストンプリズム等の複屈折光学部材による光線分離角 $\alpha$ は、プリズムB1を構成する2つの楔形プリズムBa、Bbの楔角 $\beta$ と、楔形プリズムBbの光学軸の傾き角 $\gamma$ とによって一意に定まり、その分離角 $\alpha$ はプリズムB1への光線入射角 $\theta$ が変化してもほとんど変化しない。しかしプリズムB1内における2光線Le、LoのそれぞれがプリズムB1内を通過する経路は光線入射角 $\theta$ の変化に伴って変化するため、2光線の射出面Rでの分離距離Dは光線入射角 $\theta$

に対応して変化する。分離距離Dは光線入射角 $\theta$ の変化に対し単調に増加または減少するため、光線入射角 $\theta$ と分離距離Dの値とは1対1に対応して変化する。また射出面Rから光線分離面Qまでの光線分離面距離Hは、

$$H = \frac{D}{\tan \alpha}$$

で与えられるため、結局、光線入射角 $\theta$ 、すなわちプリズムB1の入射面Mの法線nと光軸aとのなす傾き角 $\theta$ を変化させることにより光線分離面距離Hを任意に変化させることができる。また、分離距離Dは傾き角 $\theta$ の設定により正負両方向に変化させることが可能であるため、光線分離面距離Hは正負両方向に設定することができる。したがって、プリズムB1の入射側と射出側とのいずれにも光線分離面Qを配置することが可能である。

【0016】なお、プリズムB1内の光線の経路は傾き角 $\theta$ を決めれば一意に定まり、その経路はプリズムB1内の光線追跡をおこなうことにより計算可能である。したがって、任意の傾き角 $\theta$ に対する光線分離面距離Hは一意に求めることが可能であり、また逆に所定の光線分離面距離Hを得るための傾き角 $\theta$ を算出することも可能である。

【0017】以上のように、プリズムB1を傾き角 $\theta$ が可変となるように構成することにより、光線分離面Qの光軸a方向位置を正負両方向に任意に変化させることができる。その結果、任意の焦点距離をもつ対物レンズ3に対して、プリズムB1の傾き角 $\theta$ を適切に変化させることにより、プリズムB1の光線分離面Qと光軸aとの交点を対物レンズ3の後側焦点に正確に一致させることが可能となる。

【0018】ノマルスキプリズムは、図2で示したように、射出側楔形プリズムBbの光学軸の配置方向を、yz面内で射出面Rに対して所定角度 $\gamma$ 傾けて形成することで、光線分離面Qをプリズムの外部に形成することができる。したがって、例えば対物レンズ3が複数のレンズ群で構成され、その後側焦点Fがレンズ群の内部に存在するような場合には、複屈折光学部材としてノマルスキプリズムを用いることは構成上特に有効である。また、対物レンズ3の後側焦点Fがレンズ群の外部に存在するような場合には、複屈折光学部材として垂直入射光に対する光線分離面Qがプリズム内部に存在するウォラストンプリズムを使用することも可能である。なお、ウォラストンプリズムは、図3に示したように光学軸がx軸方向に形成された入射側楔形プリズムBaと、光学軸がy軸方向に形成された射出側楔形プリズムBbとを貼り合わされて形成されたものである。

【0019】ここでノマルスキプリズム及びウォラストンプリズムの傾き角 $\theta$ と光線分離面の移動量との関係を図5に示す。図5において、ウォラストンプリズムを実線で示し、ノマルスキプリズムを破線で示した。また構成条件として、ウォラストンプリズムでは、



プリズムを構成する楔形プリズムの楔角 $\beta$ :  $0.05^\circ$   
 プリズム合成厚: 2 mm (楔形プリズム厚は各々約1 mm)

また、ノマルスキプリズムでは、  
 プリズムを構成する楔形プリズムの楔角 $\beta$ :  $0.05^\circ$   
 プリズム合成厚: 2 mm (楔形プリズム厚は各々約1 mm)

射出側プリズムB bの光学軸角 $\gamma$ :  $5^\circ$

とした。また、図中の移動量は光軸a上における値を示している。

【0020】さて、微分干渉顕微鏡での試料観察においては、一般に試料の位相分布のみを微分干渉像として観察する場合が多く、そのため複屈折光学部材内部で生じる分離2偏光 $L_e$ 、 $L_o$ の間の位相差が部材内部で相殺されてゼロとなるように複屈折光学部材の厚さを設計することが多い。これに対し、本実施例においてプリズムB 1の傾き角 $\theta$ を変化させると、プリズムB 1内の光線 $L_e$ と光線 $L_o$ との経路及びプリズムB bにおける異常光線(B b内における光線 $L_e$ )に対する結晶の屈折率が変化する。その結果、プリズムB 1内で光線 $L_e$ と光線 $L_o$ との間に付与される位相差が傾き角 $\theta$ に応じて変化する。したがって、特定の傾き角 $\theta$ に対してプリズムB 1内で生じる光線 $L_e$ と光線 $L_o$ との位相差をなくすように設計しても、本実施例のように傾き角 $\theta$ を任意に変化させると2光線間に位相差が生じてしまうのである。

【0021】傾き角 $\theta$ の変化に伴って生じる位相差をゼロとするためには、例えば複屈折光学部材であるノマルスキプリズムやウォラストンプリズムをy軸方向に十分に長く形成して、光線分離面Qに沿ってプリズムを平行移動させれば良い。その際のプリズム移動方向は、光線分離面Qと楔平面とが交わる交線方向である。このように移動させることによって、光線分離面Qと光軸aとの交点と、対物レンズ3の後側焦点Fとを一致させながら、光線が横切る2枚の楔形プリズムBa、Bbの厚さの相対比率が変化する。したがって、プリズムB 1内で生じる2光線間の位相差が相殺するような位置を光線が通過するようにプリズムB 1を設置すれば、位相差をゼロとすることができる。

【0022】また他の実施例としては、例えばセナルモンの補償器により位相差を相殺することも可能である。これは偏光子Pを光軸aを中心として回転可能に構成すると共に、偏光子Pの直後に1/4波長板を配置したものである。1/4波長板の中性軸(進相軸と遅相軸とのいずれか一方)は、光軸aと直交する面内でプリズムB 1の2つの光学軸と $45^\circ$ をなすように設置されている。1/4波長板に入射した直線偏光は楕円偏光に変換され、その主軸方位は1/4波長板の中性軸と一致し、かつ楕円率は偏光子Pの回転角度に応じて変化する。この楕円偏光はプリズムB 1内の常光線及び異常光線の振

動方向と一致する方向に振動する2つの直線偏光成分に分解できるが、かかる2光線間の位相差は楕円偏光の楕円率に依存する。したがって、偏光子Pを適切な角度に回転させて楕円偏光の楕円率を変えることにより常光線と異常光線との間に任意の位相差を付与することができる。したがって、偏光子Pの回転角度を適切な角度に設定することでプリズムB 1内部で生じる位相差を相殺することができる。なお、1/4波長板を検光子Aの直前に配置し、検光子Aを回転させても同様に位相差を相殺することができる。また、セナルモンの補償器を用いる方法だけでなく、位相差が補償可能な如何なる他の方法も使用することができる。

【0023】次に本発明の第2実施例に係る透過型微分干渉顕微鏡の概略断面図を図6に示す。光源1からの照明光はコレクタレンズ2によって集光された後、偏光子Pに入射して直線偏光に変換される。偏光子Pと試料4との間の光路中には光源1側から順に、ノマルスキプリズムからなる照明側プリズムB 2と、試料4を照明するコンデンサレンズ6とが配置されている。直線偏光は照明側プリズムB 2に入射して互いに直交する振動方向を持つ2つの直線偏光に分離される。分離された2光線は照明側プリズムB 2通過後わずかな分離角をもって進行し、コンデンサレンズ6の集光作用によって互いにわずかに離れた平行光線となって試料4を照明する。試料4上のわずかに離れた位置を透過した透過光は、対物レンズ3の集光作用によりノマルスキプリズムからなる結像側プリズムB 1の光線分離面Q上に集光する。2光線は結像側プリズムB 1の複屈折作用により合成され、同一光路上を進行する。そして検光子Aに入射し、検光子Aによって互いに直交する直線偏光中の同一方向振動成分だけが取り出されて干渉し、試料4内のわずかに異なる位置を透過する際に付与された2光線間の位相差に応じた干渉縞が像面上で拡大像5として観察される。

【0024】本実施例においても結像側プリズムB 1は、結像側プリズムB 1の光線分離面Qと光軸aとの交点と、対物レンズ3の後側焦点とが一致するように、光軸aと結像側プリズムB 1表面の法線nとのなす傾き角 $\theta$ を変化させることができるように構成されている。なお照明側プリズムB 2の光線分離面Q'と光軸aとの交点は、照明側プリズムB 2から分離して射出された2光線をコンデンサレンズ6の集光作用により平行光線に変換して試料4を照明するように、コンデンサレンズ6の前側焦点F'と一致するように配置されている。

【0025】ただし、第2実施例では照明側プリズムB 2と結像側プリズムB 1との2枚のプリズムを用いるため、試料4面上における微分干渉のシア量(分離した2光線の試料4面上での分離距離)が照明側と結像側とで一致している必要がある。まず試料4面上における結像側のシア量Sは、対物レンズ3の焦点距離をfとすると、

$$S = f \cdot \tan \alpha$$

で与えられるが、本実施例のように焦点距離  $f$  が異なる対物レンズ 3 に対応させて結像側プリズム B 1 の傾き角  $\theta$  を変化させる場合、第 1 の実施例で説明したように光線分離角  $\alpha$  はプリズムの傾き角  $\theta$  を変化させてもほとんど変化しないから、シア量  $S$  は使用する対物レンズ 3 の焦点距離  $f$  に比例して変化する。

【0026】一方、照明側のシア量  $S'$  は、コンデンサレンズ 6 の焦点距離  $f'$  と照明側プリズム B 2 の光線分離角  $\alpha'$  とによって定まり、

$$S' = f' \cdot \tan \alpha'$$

で与えられる。したがって、コンデンサレンズ 6 の焦点距離  $f'$  は常に一定であることから、結像側のシア量  $S$  の変化に対応して  $S = S'$  を満たすように照明側プリズム B 2 を構成するには、次式を満たす光線分離角  $\alpha'$  をもつ照明側プリズム B 2 を配置すればよい。

$$\tan \alpha' = \frac{f \cdot \tan \alpha}{f'}$$

【0027】なお、第 1 実施例及び第 2 実施例に使用するノマルスキプリズムやウォラストンを構成する結晶の組み合わせは、図 2 及び図 3 に示した配置に限定するものではない。例えばノマルスキプリズムでは、図 2 に示したように入射側楔形プリズム B a の光学軸を  $x$  軸方向に形成し、出射側楔形プリズム B b の光学軸を  $yz$  面内で  $y$  軸に対して所定角度  $\gamma$  傾けて形成しているが、これとは逆に、入射側楔形プリズム B a の光学軸を  $yz$  面内で  $y$  軸に対して所定角度  $\gamma$  傾けて形成し、出射側楔形プリズム B b の光学軸を  $x$  軸方向に形成したものを用いてもよい。また、3 つ以上の楔形プリズムを組み合わせ形成したものを用いてもよい。

【0028】

【発明の効果】以上のように本発明よれば、複屈折光学部材の入射面の法線と、入射側楔形プリズムと出射側楔形プリズムとの接合面の法線とを含む楔平面に直交する

回転軸を中心として複屈折光学部材を回転自在に構成し、複屈折光学部材の光線分離面が対物レンズの後側焦点と交わるように複屈折光学部材の傾き角を設定することにより、焦点距離が異なるあらゆる対物レンズを用いた場合においても、高コントラストで良好な微分干渉像を得ることができると同時に、微分干渉顕微鏡のコスト低減を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施例の構成を示す概略断面図である。

【図 2】ノマルスキプリズムを説明する図である。

【図 3】ウォラストンプリズムの説明する図である。

【図 4】ノマルスキプリズムにおけるプリズム傾き角と光線分離面とを説明する図である。

【図 5】プリズム傾き角と光線分離面の移動量との関係を示す図である。

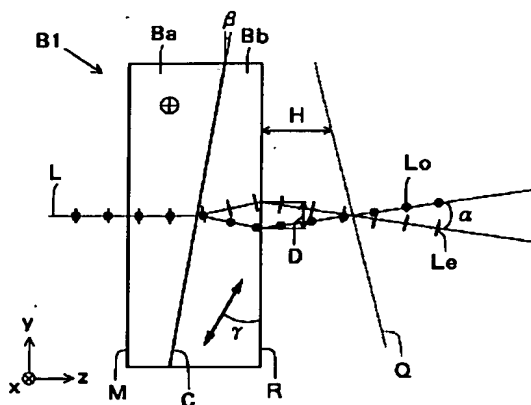
【図 6】本発明の第 2 実施例の構成を示す概略断面図である。

【図 7】従来の反射照明型微分干渉顕微鏡の構成を示す概略断面図である。

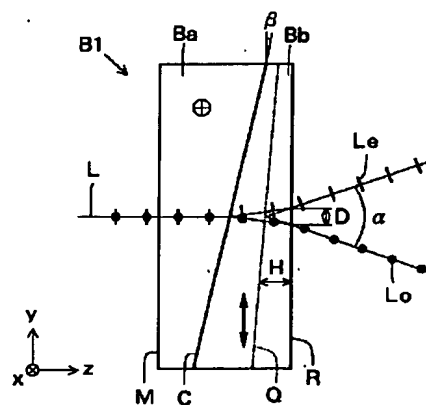
【符号の説明】

1 … 光源	2 … コレクタレンズ
3 … 対物レンズ	4 … 試料
5 … 拡大像	6 … コンデンサレンズ
P … 偏光子	A … 検光子
BS … ビームスプリッタ	B 1、B 2 … ノマルスキプリズム
Q、Q' … 光線分離面	a … 光軸
n … プリズム面法線	F … 対物レンズ後側焦点
F' … コンデンサレンズ前側焦点	M … 入射面
C … 接合面	R … 射出面

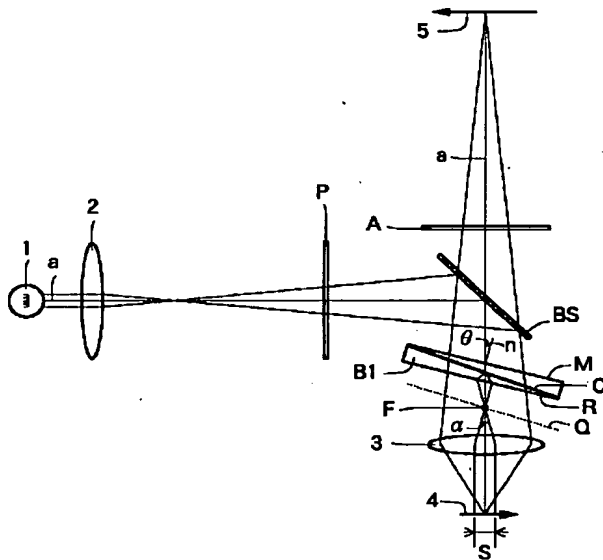
【図 2】



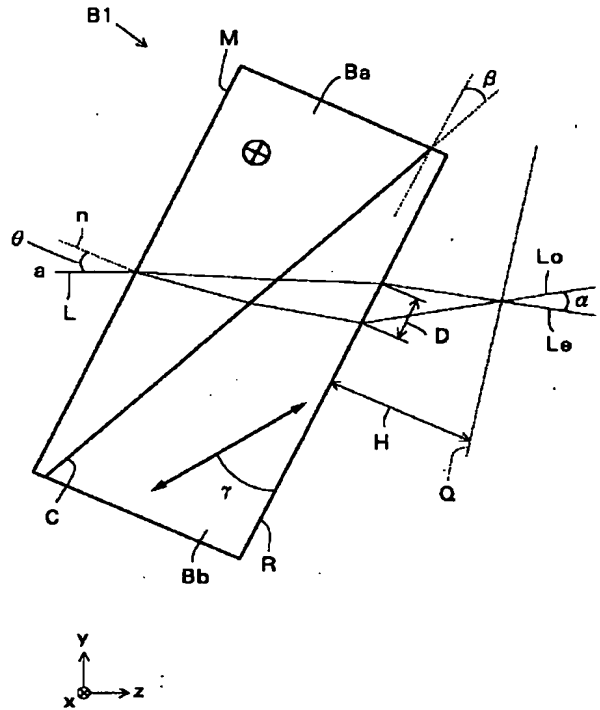
【図 3】



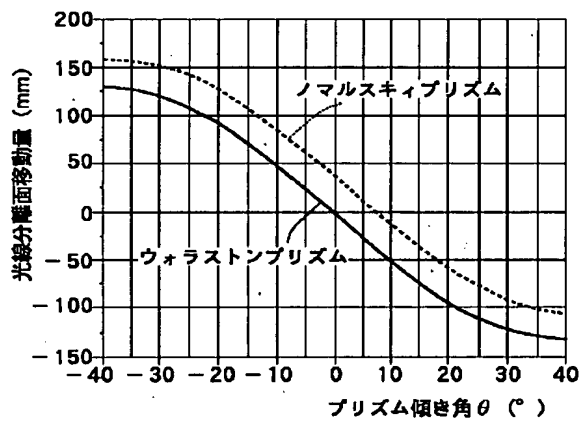
【図1】



【図4】



【図5】



【図7】

